

Keragaman Morfometrik dan Gen *cytochrome b* DNA Mitokondria *Ompok hypophthalmus* di DAS Batang Hari.

Morphometric Diversity and *cytochrome genes b* Mitochondrial DNA *Ompok hypophthalmus* in the Batang Hari Watershed.

Abdul Rahman SINGKAM¹, Dedy Duryadi SOLIHIN², Ridwan AFFANDI³

1. JPMIPA FKIP Universitas Bengkulu, arsingkam@unib.ac.id
2. Departemen Biologi, FMIPA, IPB
3. Departemen Manajemen Sumberdaya Perairan, IPB

Abstract, This research aims to analyse the variation on morphometric and *cytochrome b* (*cyt b*) DNA mitochondria gene of *Ompok hypophthalmus* in Batang Hari river. *Cyt b* DNA mitochondria gene was amplified by *polymerase chain reaction* and targeted 1104bp nucleotids. The results show there is no significant differentiation on morphometric structure of the samples. This result is consistent for both of morphometric ($p=0.96$) and index ($p=0.99$). Amplification of *cyt b* DNA mitochondria gene generates 927 bp nucleotids with cytosine as the major component and guanine as the lowest. Only one nucleotide (0.11%) is vary among all the sequences i.e. 883th of the partial *cyt b* gene. The 883th nucleotide in *O. hypophthalmus* Simpang and Sungai Bengkal is guanine, while in Mandiangan dan Pelayangan is adenine. This substitution occurred on the first codon and changed the 295th putative amino acid of *cyt b* gene. The putative amino acid in *O. hypophthalmus* Simpang-Sungai Bengkal is alanine (**G**CC), while in Mandiangan-Pelayangan is treonine (**A**CC).

Keywords: *keragaman, morfometrik, cytochrome b DNA mitokondria, Ompok hypophthalmus, DAS Batang Hari*

Abstrak, Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis keragaman morfometrik dan gen *cytochrome b* (*cyt b*) DNA mitokondria *Ompok hypophthalmus* di DAS Batang Hari. Data struktur morfometrik diukur untuk 12 karakter. Amplifikasi gen *cyt b* DNA mitokondria dilakukan secara *polymerase chain reaction* (PCR) menggunakan primer cbkr 1: 5'-CCCGAAAACTCACCCTTA-3' dan cbkr 2: 5'-ATAGCCCGGTTAGAGGGTTT-3', dan hasil amplifikasi diruntut dengan target 1104bp nukleotida. Hasil analisis menunjukkan bahwa struktur morfometrik *O. hypophthalmus* di DAS Batang Hari tidak berbeda nyata antar lokasi pengambilan sampel. Hasil ini konsisten baik untuk karakter morfometrik ($p=0.96$) maupun indeks (nisbah) struktur morfometrik ($p=0.99$). Analisis gen *cyt b* DNA mitokondria menghasilkan runutan sepanjang 927 bp dengan komposisi terbesar berupa sitosin, dan komposisi terkecil adalah guanin. Hanya terdapat satu nukleotida (0.11%) yang berbeda pada seluruh runutan *O. hypophthalmus* DAS Batang Hari yaitu nukleotida ke-976 dari gen *cyt b* utuh. Nukleotida pada *O. hypophthalmus* dari Simpang dan Sungai Bengkal adalah guanin, sedangkan pada *O. hypophthalmus* dari Mandiangan dan Pelayangan adalah adenin. Substitusi nukleotida ini terletak pada kodon pertama dan mengakibatkan terjadinya perbedaan asam amino putative ke-309. Asam amino ke-309 pada *O. hypophthalmus* Simpang-Sungai Bengkal adalah alanina (**G**CC), sedangkan pada *O. hypophthalmus* Mandiangan-Pelayangan adalah treonina (**A**CC).

Kata kunci: *keragaman, morfometrik, cytochrome b DNA mitokondria, Ompok hypophthalmus, DAS Batang Hari*

PENDAHULUAN

Ompok hypophthalmus (Siluridae) merupakan spesies ikan air tawar yang dideskripsi pertama kali oleh Bleeker pada tahun 1946 dengan nama *Silurus hypophthalmus*. Pada tahun 1993 spesies ini dikelompokkan oleh Kottelat *et al.* (1993) dalam genus *Ompok* dengan nama *Ompok hypophthalmus*. *O. hypophthalmus* dibedakan dari spesies lain dalam genus *Ompok* dengan ciri sungut yang jelas pada kedua rahang, panjang sungut rahang atas dapat mencapai $\frac{3}{4}$ sirip anal, dan ujung sungut pada rahang bawah dapat mencapai awal sirip dada (Kottelat *et al.* 1993). Jenis ini dikenal dengan nama lokal “ikan lais” (Elvyra 2009; Rahman 2011) dan ditemukan secara konsisten di Sungai Batang Hari, Jambi dari tahun 1965 hingga penelitian ini dilakukan (Weber & de Beaufort 1965; Tan & Ng 2000; Tan & Kottelat; 2009).

Aliran Sungai Batang Hari memiliki hulu di kawasan bukit barisan pada ketinggian lebih dari 1000m dpl dan bermuara di selat berhala, pantai Sumatera bagian timur (Tan & Lim 1998). Berdasarkan sejarah geologis, Sungai Batang Hari bersama-sama dengan Sungai Musi, Indragiri dan Kapuas berasal dari daerah aliran sungai (DAS) Sunda Utara Purba (Voris 2000). Aliran sungai dengan panjang sekitar 600 km (Tan & Kottelat, 2009) ini melewati berbagai karakter vegetasi dan pola pemanfaatan. Topografi Sungai Batang Hari yang memiliki gradasi ketinggian yang besar, dan diikuti dengan berbagai karakter vegetasi dan pola pemanfaatan, akan memunculkan keragaman faktor fisika-kimia perairan di DAS ini. Perbedaan kualitas lingkungan ini diduga akan berbanding lurus dengan keragaman struktur tubuh pada populasi makhluk hidup didalamnya, termasuk *O. hypophthalmus*. Keragaman dan karakter spesifik, baik secara morfometrik maupun genetik, timbul sebagai bagian proses adaptasi makhluk hidup terhadap lingkungan yang dihadapinya.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis keragaman struktur morfometrik dan gen *cytochrome b* DNA mitokondria antar populasi *O. hypophthalmus* di daerah aliran sungai Batang

Hari, Jambi. Gen *cyt b* mtDNA dipilih sebagai gen target karena nilai mutasi pada gen ini berbeda berdasarkan posisi kodonnya (Irwin *et al.* 1991). Kodon pertama dan kedua pada gen *cyt b* memiliki nilai substitusi yang rendah atau tidak bervariasi antar individu. Sebaliknya, kodon ketiga memiliki nilai substitusi yang tinggi (Farias *et al.* 2001). Penelitian ini diharapkan bermanfaat untuk: (i) Menelaah adanya pembentukan subpopulasi pada *O. hypophthalmus* di DAS Batang Hari berdasarkan struktur morfometrik dan gen *cytochrome b* DNA mitokondria; (ii) Data awal analisis filogeografi *O. hypophthalmus* pada kelompok sungai yang berasal dari DAS Sunda Utara purba.

METODE PENELITIAN

Waktu dan tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juli 2009 hingga Juni 2010. Pengambilan sampel *O. hypophthalmus* dilakukan di empat lokasi di sungai Batang Hari, Jambi. Pengambilan data untuk keragaman morfometrik dilakukan di Kebun Biologi Universitas Bengkulu, sedangkan koleksi data molekuler dilakukan di laboratorium Biologi Molekuler, Pusat Penelitian Sumberdaya Hayati dan Bioteknologi (PPSHB), Institut Pertanian Bogor.

Pengukuran parameter fisika-kimia perairan

Pengukuran parameter fisika-kimia perairan dilakukan pada dua periode yang dianggap menggambarkan kondisi tahunan DAS Batang Hari. Pengukuran pada Juli-Agustus 2009 mewakili kondisi musim kemarau, sedangkan pengukuran pada Desember 2009 mewakili musim penghujan. Data parameter fisika-kimia perairan yang diukur adalah sebagai berikut: suhu perairan, kecepatan arus, kecerahan, derajat keasaman (pH), oksigen terlarut (DO) dan alkalinitas. Suhu perairan diukur dengan termometer, kecepatan arus diukur dengan metoda bola hanyut, dan kecerahan diukur dengan *secchi disk*. Parameter pH diukur dengan pH meter, DO diukur dengan DO meter,

dan alkalinitas diukur dengan metode titrasi asam basa.

Pengambilan Sampel

O. hypophthalmus dikoleksi dari empat lokasi pengambilan sampel di sepanjang DAS Batang Hari (Gambar 1). Pemilihan keempat lokasi ini didasarkan pada perbedaan ketinggian dan pola aliran DAS Batang Hari. Mandiangin Tebet (30 mdpl) dilewati oleh Sungai Muara Tembesi, yang merupakan anak sungai terbesar DAS Batang Hari. Sungai Bengkal (S. Bengkal) yang terletak pada ketinggian yang sama dilewati

oleh aliran utama DAS Batang Hari. Kedua lokasi ini merupakan perwakilan daerah hulu yang diharapkan memiliki ciri kecepatan arus dan kejernihan yang lebih tinggi. Pelayangan (15 mdpl) dipilih sebagai lokasi antara karena merupakan titik pertemuan antara Sungai Batang Tembesi dengan aliran utama Sungai Batang Hari. Simpang (7 mdpl) sebagai lokasi perwakilan hilir merupakan kawasan paling muara tempat masih ditemukannya *O. hypophthalmus*.

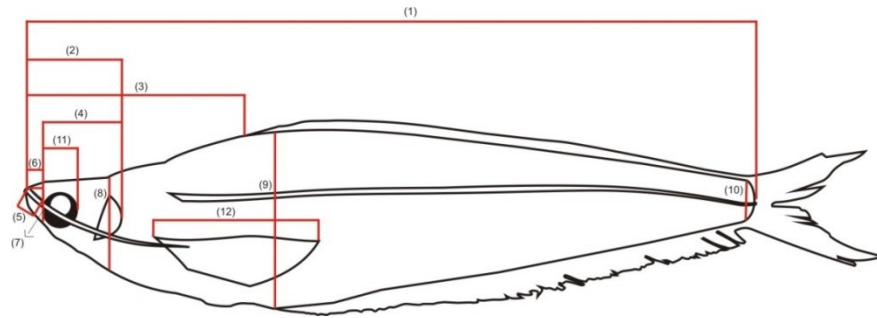


Gambar 1 Peta lokasi pengambilan sampel, 1: Mandiingin Tebet, 2: Sungai Bengkal, 3: Pelayangan, 4: Simpang. Garis biru tebal=DAS Batang Hari, garis hijau=aliran utama Sungai Batang Hari, garis kuning=Sungai Batang Tembesi, anak Sungai Batang Hari.

Identifikasi sampel *O. hypophthalmus* dilakukan di lapangan dengan mengacu pada Kottelat *et al* (1993). Sampel terpilih berupa 10 individu *O. hypophthalmus* untuk setiap lokasi selanjutnya diawetkan dalam etanol 70% untuk analisis keragaman struktur morfometrik. Selain itu, sampel jaringan otot dari salah satu ke-10 sampel tersebut diisolasi untuk analisis genetik. Sampel jaringan otot ini dicacah hingga berukuran maksimal 0.5cm pada setiap sisi dan selanjutnya disimpan dalam etanol absolut.

Pengambilan data keragaman morfometrik dan gen cytochrome b (*cyt b*) DNA mitokondria

Prosedur pengambilan data morfometrik dan gen *cyt b* pada penelitian ini mengacu pada Singkam *et al.* (2011). Terdapat 12 data morfometrik tubuh yang diukur (Gambar 2), dan berdasarkan data morfometrik tersebut dilakukan penghitungan 12 indeks proporsi ukuran tubuh (nisbah indeks morfometrik) (Tabel 1).



Gambar 2 Data ukuran tubuh (morfometrik) ikan *Ompok hypophthalmus* yang diukur, 1: panjang baku, 2: panjang kepala, 3: panjang di muka sirip punggung, 4: panjang dahi, 5: panjang rahang atas, 6: panjang hidung, 7: tinggi moncong, 8: tinggi pangkal kepala/leher, 9: tinggi badan, 10: tinggi ekor, 11: diameter mata, 12: panjang sirip dada (Singkam *et al.*, 2011).

Tabel 1 Karakter nisbah morfometrik *Ompok hypophthalmus* yang dihitung (Singkam *et al.*, 2011)

Kode	Nisbah	Keterangan
N1	KEP/BAK	Panjang kepala/panjang baku
N2	MUK/BAK	Panjang bagian muka sirip punggung/panjang baku
N3	TIG/BAK	Tinggi badan/panjang baku
N4	BEK/TOT	Tinggi ekor/panjang baku
N5	DAH/KEP	Panjang dahi/panjang kepala
N6	RAH/KEP	Panjang rahang atas/panjang kepala
N7	HID/KEP	Panjang hidung/panjang kepala
N8	MON/LEH	Tinggi 'moncong'/tinggi pangkal kepala
N9	LEH/TIG	Tinggi pangkal kepala/tinggi badan
N10	BEK/TIG	Tinggi ekor/tinggi badan
N11	DIM/KEP	Diameter mata/panjang kepala
N12	TIG/TOT	Panjang sirip dada/panjang kepala

Isolasi dan purifikasi DNA total mengacu pada metode Sambrooks *et al.* (1989) yang telah dimodifikasi. Amplifikasi gen *cyt b* mtDNA dengan metode *Polymerase Chain Reaction* (PCR) menggunakan primer cbkr 1: 5'-CCCGAAAACTCACCCCTTA-3' dan

cbkr 2: 5'-ATAGCCCGGTTAGAGGGTTT-3' (Elvyra 2009). Kedua primer ini memiliki target 1104 bp gen *cyt b*. Komposisi pereaksi PCR terdiri dari 10-100 ng sampel, 100 mM primer, 0.01 mM dNTP, 50 mM MgCl dan 1 unit Taq-polymerase. Siklus PCR dilakukan

dalam kondisi predenaturasi 5 menit pada suhu 94°C, denaturasi 30 detik pada suhu 94°C, penempelan primer 45 detik pada suhu 60°C, *elongation* 1 menit pada suhu 72°C dan *post PCR* 5 menit pada suhu 72°C. Tahapan PCR dilakukan sebanyak 35 siklus. Hasil PCR yang teramplifikasi dengan baik dirunut (*sequens*).

Analisis Data

Keragaman data parameter fisika-kimia perairan dan struktur morfometrik dianalisis dengan *anova single factor* dan *principal component analysis* (PCA) menggunakan program R (Everitt & Hothorn 2006). *Anova single factor* bertujuan untuk menguji signifikansi perbedaan data antar lokasi pengambilan sampel, sedangkan PCA untuk memetakan pola pengelompokan dan menentukan faktor dominan dalam keragaman data. Runutan gen *cytochrome b* diolah dengan menggunakan program MEGA 4 (Tamura *et al.* 2007). Hasil runutan terlebih dulu disejajarkan (*alignment*), kemudian dilakukan penghitungan jumlah perbedaan nukleotida dan asam amino

dugaan (*putative*) berdasarkan hasil translasi nukleotida.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi perairan lokasi pengambilan sampel

Hasil uji *anova* taraf 95% terhadap parameter fisika-kimia perairan (Tabel 2) menunjukkan keempat stasiun lokasi pengambilan sampel tidak memiliki parameter fisika-kimia yang berbeda nyata. Hal yang sama juga ditemukan ketika taraf uji dinaikkan hingga taraf 99%. Analisis PCA parameter fisika-kimia perairan menunjukkan keempat stasiun pengambilan sampel terbagi dalam tiga kelompok, yaitu Mandiangin, Simpang, dan gabungan S. Bengkal dengan Pelayangan. Kecepatan arus dan kecerahan merupakan faktor dominan yang membedakan keempat lokasi pengambilan sampel ini. Mandiangin dicirikan dengan arus yang deras, sedangkan Simpang dicirikan dengan kecerahan yang tinggi. S. Bengkal dan Pelayangan tidak memiliki parameter fisika-kimia perairan yang dominan (Tabel 2).

Tabel 2 Data parameter fisika-kimia perairan di DAS Batang Hari Jambi

No	Parameter	Mandiangin			Sungai Bengkal			Pelayangan			Simpang		
		A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
1	Suhu air (°C)	29	27	28	29	27	28	30	27	28.5	30	28	29
2	Kuat arus (cm/dt)	42	86	64	20	54	36	17	40	28	14	15	15
3	Kecerahan (cm)	78	50	64	54	38	46	62	45	54	88	62	75
4	pH	7.5	7.0	7.3	7.9	8.0	8.0	7.8	8.0	7.9	7.2	7.0	7.1
5	DO (ppm)	10	12	11	11	12	12	9	11	10	10	11	11
6	Alkalinitas (ppm)	43	56	49.5	52	58	55	59	58	58.5	56	76	66

*A=pengukuran Juli-Agustus 2009, B=Desember 2009, C=rata-rata

Kecepatan arus yang lebih tinggi di Mandiangin (0.42m/dtk) dan S. Bengkal (0.20m/dtk) sesuai dengan prediksi awal karena kedua lokasi ini merupakan daerah hulu. Berbeda dengan lokasi lain, arah arus di Simpang kemungkinan telah dipengaruhi oleh pasang surut air laut sehingga tidak konstan dari hulu ke hilir. Arah arus pada sore hingga pagi hari (antara pukul 17.00-09.00) di Simpang bergerak dari hilir ke hulu, sedangkan pada siang hari bergerak dari hulu ke hilir. Kecepatan arus di Simpang dihitung sebagai

rata-rata pagi, siang dan sore, tanpa memperhitungkan arah arus.

Berbeda dengan kecepatan arus, parameter kecerahan yang ditemukan dalam penelitian ini berbeda dengan perkiraan awal. Kecerahan tertinggi tidak didapatkan di daerah hulu, namun justru di titik *sampling* paling hilir (Simpang). Keruhnya sungai di daerah hulu mungkin diakibatkan oleh banyaknya aktivitas penambangan emas liar (*dompeng*) di daerah Sarolangun, Muara Bungo dan Muara Tebo. Aktivitas *dompeng* mengangkat endapan pasir dan lumpur dalam volume yang sangat besar

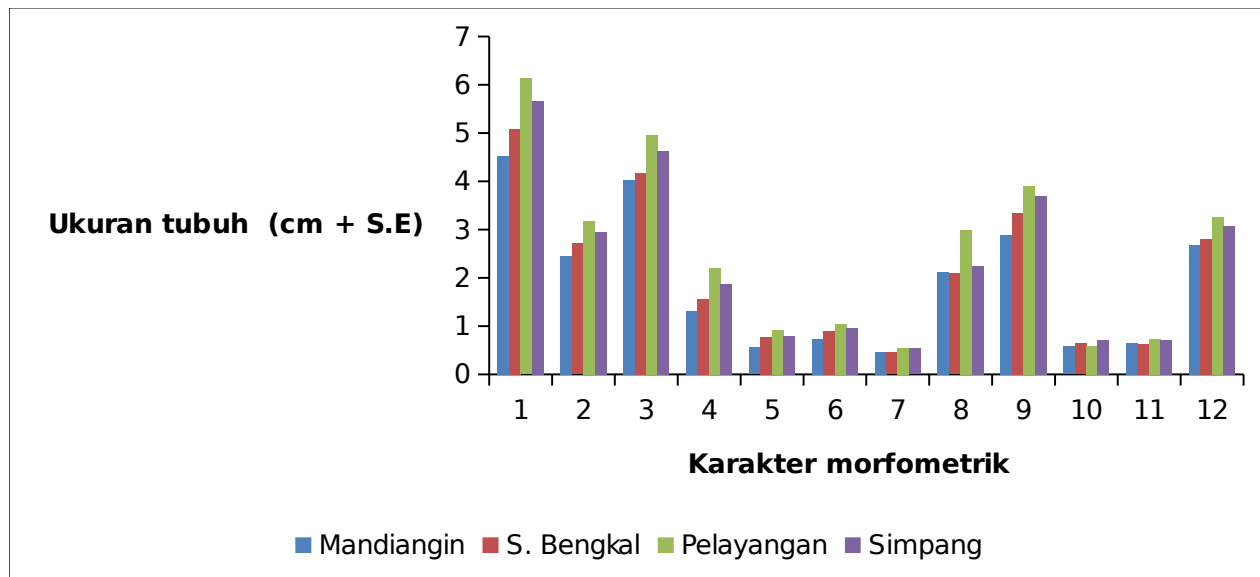
setiap hari, dan menyebabkan sungai di daerah Sarolangun, Muara Tebo dan Muara Tembesi sangat keruh. Kecerahan lebih tinggi di Simpang karena telah terjadi pengendapan lumpur di sepanjang aliran sungai. Selain itu karena daerah Simpang telah terpengaruh oleh pasang surut air laut, kualitas air (kecerahan) di daerah ini juga dipengaruhi oleh kecerahan air laut.

Nilai oksigen terlarut (DO) yang ditemukan berada dalam kisaran normal untuk DO perairan mengalir. Menurut Wetzel (2001), nilai DO untuk air mengalir yang tidak mengalami eutrofikasi berfluktuasi dari 9 ppm hingga 11 ppm. Nilai DO pada perairan yang mengalami eutrofikasi biasanya berkisar 3 ppm sesaat sebelum matahari terbit hingga 13 ppm sesaat setelah matahari tenggelam. Nilai DO di perairan juga dipengaruhi oleh aktivitas fotosintesis fitoplankton, respirasi biota air, laju

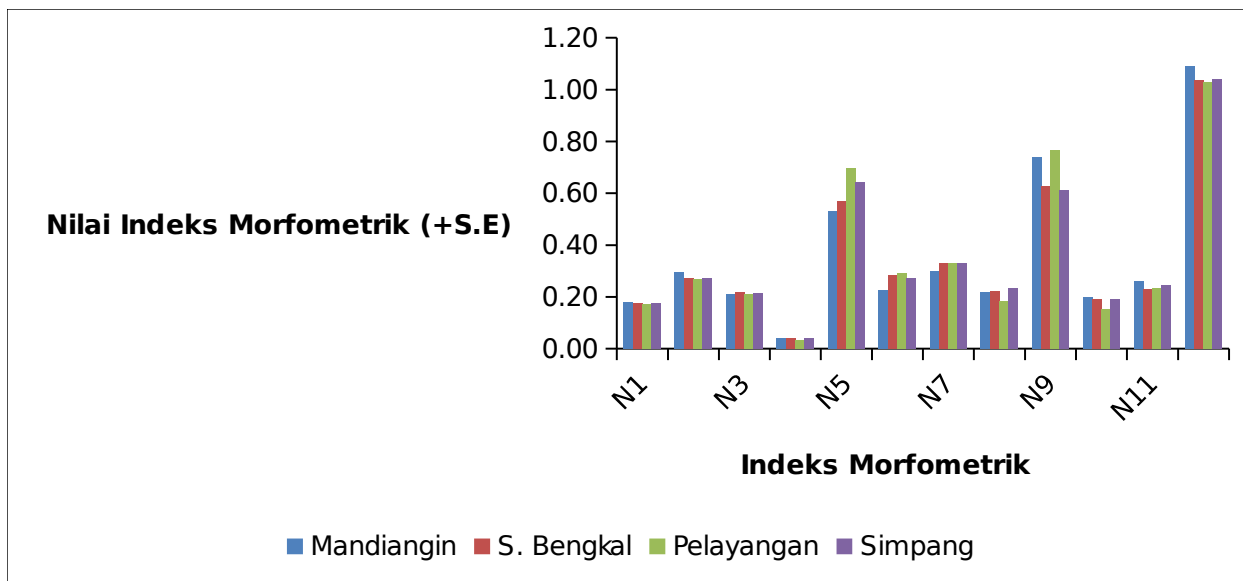
difusi oksigen antara udara dengan air dan intensitas panas matahari di permukaan perairan (Culberson & Piedrahita 1996). Berdasarkan nilai DO yang ditemukan dapat dinyatakan bahwa DAS Batang Hari tidak mengalami eutrofikasi.

Keragaman morfometrik *Ompok hypophthalmus* di DAS Batang Hari

Analisis *anova* menunjukkan bahwa struktur morfometrik *O. hypophthalmus* di DAS Batang Hari tidak berbeda nyata antar lokasi pengambilan sampel. Hasil ini konsisten baik untuk 12 karakter morfometrik yang diukur ($p=0.96$; Gambar 3), maupun terhadap 12 indeks (nisbah) morfometrik yang dihitung ($p=0.99$; Gambar 4). Hal ini berarti bahwa tidak ada perbedaan ukuran tubuh dan struktur geometrik *O. hypophthalmus* di keempat lokasi pengambilan sampel.

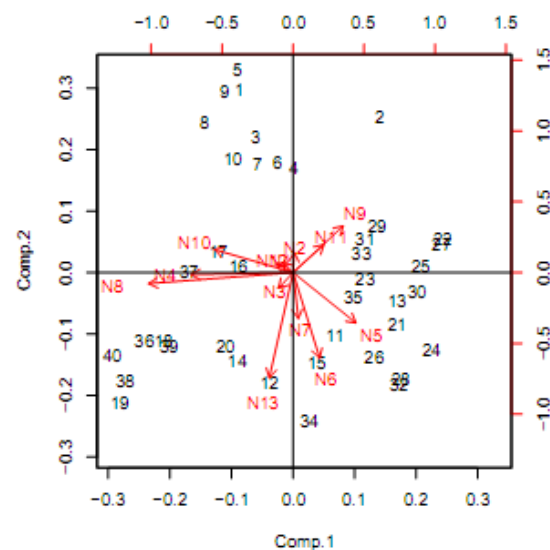


Gambar 3. Keragaman ukuran tubuh *O. hypophthalmus* di DAS Batang Hari (\pm S.E). Deskripsi karakter ada di Gambar 2. Nilai asli untuk karakter 1=nilai di gambar x 3



Gambar 4. Keragaman indeks (nisbah) struktur morfometrik *O. hypophthalmus* di DAS Batang Hari (\pm S.E). Lihat tabel 1 untuk deskripsi kode indeks.

Analisis *biplot* PCA juga gagal mengelompokkan individu *O. Hypophthalmus* berdasarkan lokasi (Gambar 5). Pengelompokan yang nyata hanya ditemukan pada sampel dari Mandiingin dengan 90% sampel dari lokasi ini mengelompok di kuadran IV. Sampel dari Mandiingin memiliki nilai yang kontras tinggi pada sumbu kedua *principal component* (PC) dan dicirikan dengan nilai indeks N4 (tinggi ekor/panjang baku) dan N10 (tinggi ekor/tinggi badan) yang lebih besar. Hal ini berarti bahwa *O. hypophthalmus* di Mandiingin memiliki struktur ekor yang lebih tinggi/tebal. Ciribatang ekor yang lebih besar pada *O. hypophthalmus* di Mandiingin kemungkinan berhubungan dengan arus yang lebih kuat di lokasi ini. Kondisi arus yang kuat membuat pergerakan ekor menjadi lebih aktif. Pergerakan yang lebih aktif membuat struktur batang ekor menjadi lebih besar. Sampel dari lokasi lain tersebar di keempat kuadran tanpa ada indeks khusus penciri lokasi.



Gambar 5 *Biplot* PCA *O. hypophthalmus* dari DAS Batang Hari, 1-10=sampel dari Mandiingin, 11-20=S. Bengkal, 21-30=Pelayangan, 31-40=Simpang. Comp=principal component

Keragaman runutan gen *cytochrome b* berdasarkan komposisi nukleotida

Penjajaran (*alignment*) gen *cyt b* DNA mitokondria sampel *O. hypophthalmus* dari Batang Hari menghasilkan runutan nukleotida sepanjang 927 bp. Komposisi nukleotida

penyusun runutan menunjukkan sitosin merupakan basa nitrogen dengan komposisi terbesar, sedangkan basa nitrogen guanin memiliki komposisi terkecil. Hanya terdapat satu nukleotida (0.11%) yang berbeda pada seluruh runutan *O. hypophthalmus* DAS Batang Hari. Nukleotida tersebut terdapat pada nukleotida ke-883 dari runutan gen *cyt b* parsial atau nukleotida ke-976 dari gen *cyt b* utuh. Nukleotida pada *O. hypophthalmus* dari Simpang dan S. Bengkal adalah guanin, sedangkan pada *O. hypophthalmus* dari Mandiingin dan Pelayangan adalah adenin. Posisi substitusi nukleotida yang terletak pada kodon pertama mengakibatkan terjadinya perbedaan asam amino ke-295 dari gen *cyt b* parsial. Asam amino ke-295 pada *O. hypophthalmus* Simpang-S. Bengkal adalah alanina dengan triplet kodon **GCC**, sedangkan pada *O. hypophthalmus* Mandiingin-Pelayangan adalah treonina dengan triplet kodon **ACC**. Alanina bersifat non polar (hidrofobi), sedangkan treonina bersifat polar.

Jumlah keragaman gen *cyt b* DNA mitokondria pada penelitian ini identik dengan yang ditemukan oleh Elvyra (2009). Elvyra (2009) juga hanya menemukan satu nukleotida yang berbeda dari tiga runutan 927 bp gen *cyt b* *O. hypophthalmus* DAS Kampar, Riau. Akan tetapi posisi nukleotida yang beragam berbeda antara *O. hypophthalmus* Kampar dengan Batang Hari. Nukleotida yang variabel pada *O. hypophthalmus* Kampar terletak pada situs ke-257 dengan basa nitrogen berupa timin (T) - adenin (A). Substitusi ini terletak pada kodon kedua dan bersifat *nonsilent*, sehingga membuat keragaman pada situs ke-86 asam amino *putative cyt b* DNA mitokondria yaitu asparagina - valina.

Nilai keragaman gen *cyt b* DNA mitokondria yang ditemukan dalam penelitian ini jauh lebih kecil dibandingkan dengan beberapa publikasi yang tersedia (Aboim *et al.*, 2005; Singkam *et al.*, 2011). Aboim *et al.* (2005), menemukan keragaman intra populasi pada *Helicolenus dactylopterus* berkisar 0.2-0.7%. Nilai keragaman ini untuk runutan gen

cyt b sepanjang 423 bp dengan 40 individu. Penelitian Singkam *et al.*, (2011) pada gen *cyt b* DNA mitokondria *Kryptopterus limpok* di DAS yang sama (Batang Hari) menemukan nilai keragaman sebesar 1.19%. Nilai keragaman 1.19% ini untuk empat runutan gen *cyt b* DNA mitokondria sepanjang 927 bp.

Hasil penelitian ini menunjukkan perbedaan yang kontras dengan penelitian paralel pada species yang berbeda oleh Singkam *et al.*, (2011). Penelitian Singkam *et al.*, (2011) menemukan empat situs gen *cyt b* DNA mitokondria yang konsisten memisahkan *Kryptopterus limpok* Mandiingin-Simpang dengan S. Bengkal-Pelayangan. Selain itu, Singkam *et al.*, (2011) juga menemukan situs pencilan (SNP/*single nucleotide polymorphism*) yang tinggi pada sampel *K. Limpok* dari S. Bengkal. Penelitian lanjutan dengan menggunakan species dan marka lain dibutuhkan untuk mendapatkan gambaran yang lebih lengkap tentang keragaman struktur morfometrik dan genetik fauna di DAS Batang Hari.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan pada parameter fisika-kimia perairan, dan struktur morfometrik dan gen *cytochrome b* *O. hypophthalmus*, antar lokasi pengambilan sampel di DAS Batang Hari.

Saran

Penelitian lanjutan dengan menggunakan species dan marka lain dibutuhkan untuk mendapatkan data yang lebih lengkap tentang keragaman populasi fauna di DAS Batang Hari.

DAFTAR RUJUKAN

- Aboim MA, Menezes GM, Schlitt T, Rogers AD. 2005. Genetic structure and history of populations of the deep-sea fish *Helicolenus dactylopterus* (Delaroche, 1809) inferred from

- mtDNA sequence analysis.
*MolEcol*14:1343–1354.
- Culberson SD, Piedrahita RH. 1996. Aquaculture pond ecosystem model: temperature and oxygen prediction-mechanism and application. *Ecological Modelling* 89: 231-258.
- Elvyra R. 2009. Kajian keragaman genetik dan biologi reproduksi ikan Lais di sungai Kampar Riau [disertasi]. Bogor: Sekolah Pasca Sarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Everitt BS, Hothorn T. 2006. *A Handbook of Statistical Analyses Using R*. Boca Raton: CRC Press.
- Farias IP, Orti G, Sampaio I, Schneider H, Meyer A. 2001. The cytochrome b gene as a phylogenetic marker: the limits of resolution for analyzing relationships among Cichlid fishes. *J Mol Evol*53:89-103.
- Irwin DM, Kocher TD, Wilson AC. 1991. Evolution of the *cytochrome-b* gene in mammals. *J Mol Evol* 32:128-144.
- Kottelat M, Whitten AJ, Kartikasari SN, Wirjoatmodjo. 1993. *Freshwater Fishes of Western Indinesia and Sulawesi*. Indonesia: EMDI.
- Rahman, A. 2011. Keragaman struktur morfologis dan gen *cytochrome b* DNA mitokondria *kryptopterus* spp. dan *ompok* spp. (siluridae) di das Batang Hari Jambi[tesis]. Bogor: Sekolah Pasca Sarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Sambrooks J, Fritsch EF, Maniatis T. 1989. *Molecular Cloning a Laboratory Manual*. Ed ke-2. New York: Cold Spring Harbor Laboratory Pr.
- Singkam AR, Solihin DD, Affandi R. 2011. Keragaman Morfometrik dan Gen *Cytochrome b* DNA Mitokondria *Kryptopterus limpok* di Sungai Batang Hari. BPPKSDI Jatiluhur: Prosiding forum nasional pemacuan sumber daya ikan III.
- Tamura K, Dudley J, Nei M, Kumar S.2007.MEGA4: molecular evolutionarygenetics analysis (MEGA) software version 4.0. *Mol Biol Evol*24:1596-1599.
- Tan HH, Lim KKP. 1998. Freshwater elasmobranchs from the Batang Hari basin of central Sumatra, Indonesia. *The Raffles bulletin of zoology* 46 (2): 425-429.
- Tan HH, Kottelat M. 2009. The fishes of Batang Hari drainage, Sumatera, with description of six new species.*Ichthyol. Explor. Freshwaters*20:13-69.
- Tan HH, Ng HH. 2000. Catfishes of central Sumatra.*J. Nat. History* 34:267-303.
- Voris HK. 2000. Maps of pleistocene sea level in southeast asia : shorelines, river system and time durations. *J Biogeo*27:1153-1167.
- Weber M, De Beaufort LF. 1965. *The Fishes of the Indo-Australian Archipelago*. Leiden: E. J. Brill.
- Wetzel RG. 2001. *Limnology Lakes and River Ecosystems*, 3rd edition. San Diego: Academic Press.